

Dünnwandiges Bauteil aus hydraulisch erhärtetem Zementsteinmaterial sowie Verfahren zu seiner Herstellung.

Die Erfindung betrifft ein dünnwandiges, flächiges Bauteil hoher Festigkeit aus hydraulisch erhärtetem Zementsteinmaterial sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung.

Bekannt sind stahlfasermattenbewehrte erhärtete Mörtel unter der englischen Bezeichnung "Slurry infiltrated mat concrete" (SIMCON) im folgenden auch SIMCON-Mörtel genannt. Diese Mörtel werden hergestellt, indem zunächst ein fließfähiger Frischmörtel aus Portlandzement, Wasser, Sand, Mikrosilica und Superverflüssiger hergestellt wird, der z.B. in eine Form gegossen wird, in der eine Stahlfasermatte positioniert ist, wobei die Stahlfasermatte mit Mörtel getränkt wird. Nach der Erhärtung ist ein stahlfaserbewehrter Festmörtel entstanden, der gegenüber einem unbewehrten Festmörtel eine erheblich höhere Duktilität und eine höhere Festigkeit bewirkende günstigere Rißverteilung bei Überbelastung aufweist. Aus SIMCON-Mörteln werden z.B. Deckschichten auf Bauteilen oder verlorene Schalungen erzeugt (ACI Structural Journal/September-Oktober 1997, S. 502-512). Aus SIMCON-Mörteln können aber lediglich relativ dicke und ebenflächige Bauteile von minimal z.B. 15 bis 20 mm hergestellt werden, weil die Stahlfasermatten relativ dick sind und das vollständige Vergießen der Matten mit fließfähigem Frischmörtel relativ schwierig ist.

Aufgabe der Erfindung ist, dünnwandige Bauteile hoher Elastizität, insbesondere bezüglich elastischer Durchbiegung und hohem Arbeitsvermögen auf der Basis von Stahlfasermatten bewehrtem erhärteten Zementsteinmaterial sowie ein Verfahren zu deren

Herstellung zu schaffen, mit dem nicht nur dünnwandige, ebenflächige sondern auch beliebig gekrümmte oder gewinkelte Formen dünner Bauteile herstellbar sind.

Diese Aufgaben werden durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 24 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung werden in den von diesen Ansprüchen abhängigen Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung sieht vor, handelsübliche zusammengepreßte Matten aus Stahlwolle zu verwenden. Vorzugsweise werden Edelstahlwollmatten verwendet, die eine höhere Festigkeit und eine sehr geringe Oxidationsrate aufweisen und mithin bei z.B. Wasser- und/oder Feuchtigkeitseinwirkungen langfristig korrosionsbeständig sind.

Die Edelstahlwolle wird z.B. hergestellt aus dem Werkstoff Nr. DIN 1.4113 oder 1.4793 oder legierten Edelstählen. Unterschiedliche Matten weisen Fasern unterschiedlicher Feinheit auf; beispielsweise wird für Bauteile ≤ 5 mm Dicke eine Matte gewählt, die einen mittleren Faserdurchmesser von 0,08 mm aufweist; für Bauteile mit größerer Dicke eignen sich gröbere, mittlere Faserdurchmesser von z.B. 0,12 mm. Dabei liegen die Faserlängen zwischen etwa 20 mm und mehreren Metern; im Durchschnitt betragen sie mehrere Dezimeter.

Diese langfaserige Edelstahlwolle ist elastisch und zäh. Die Fasern haben Längen/Durchmesser-Verhältnisse (L/D-Verhältnisse) von über 1000. Demgemäß liegt dieses Verhältnis weit über dem kritischen Wert, bei dem sich eine Zunahme der Faserlänge noch eigenschaftsverbessernd auswirkt.

Die Matten sind sehr flexibel bzw. biegsam, weisen eine Breite bis zu 1m auf und stehen mit Flächengewichten von z.B. 800 g/m² bis 2000 g/m² auf Rollen aufgerollt zur Verfügung. Die Matten sind mit einer Schere schneidbar.

Im Rahmen der Erfindung wird die Edelstahlwolle vorzugsweise mit

Flächengewichten von 900 bis 1000 g/m² und mit mittleren Faserdurchmessern von 0,08 bis 0,12 mm verwendet.

In Kombination mit dem ausgewählten und zusammengepreßten Stahlwollmattenerzeugnis in Form von Stahlwollefasern, insbesondere Edelstahlwolle, wird eine Suspension auf Basis von Feinstzement verwendet.

Feinstzemente sind sehr feinkörnige hydraulische Bindemittel, die durch ihre chemisch-mineralogische Zusammensetzung sowie stetige und abgestufte Kornverteilung charakterisiert sind. Sie bestehen im allgemeinen aus den üblichen Zementrohstoffen, wie z.B. gemahlenem Portlandzementklinker und/oder gemahlenem Hüttensand und Abbindereglern; ihre Herstellung erfolgt in gesonderten Produktionsanlagen in Zementwerken. Besonders vorteilhaft ist die Einzelvermahlung der mineralischen Ausgangsstoffe, die Separation ihrer Feinstbestandteile und deren gezielte Zusammensetzung auch bezüglich der Korngrößen und Kornverteilung.

Das wesentliche Merkmal von Feinstzementen zur Abgrenzung gegenüber konventionellen Normzementen, z.B. nach DIN 1164, ist die vergleichsweise hohe Feinheit dieser Bindemittel bei gleichzeitiger Begrenzung ihres Größtkorns, das üblicherweise durch die Angabe des Korndurchmessers bei 95 Masse-% der Mischung d_{95} angegeben wird.

Vorzugsweise werden Feinstzemente auf Hüttensand- oder Portlandzementbasis mit einer stetigen und abgestuften Kornverteilung mit einem Größtkorn d_{95} von $\leq 24 \mu\text{m}$, vorzugsweise $\leq 16 \mu\text{m}$, und einer mittleren Korngröße d_{50} von $\leq 7 \mu\text{m}$, vorzugsweise $\leq 5 \mu\text{m}$ eingesetzt. Diese werden zu Suspensionen verarbeitet, indem sie mit Wasser und mit mindestens einem sogenannten Superverflüssiger (das sind hochwirksame Verflüssiger oder Fließmittel), sowie insbesondere auch mit Mikrosilica und/oder Pigmenten und/oder inerten Mineralstoffen, z.B. Kalksteinmehl und/oder Quarzmehl und/oder Flugasche entsprechend gleicher oder geringerer Feinheit wie der Feinstzement gemischt werden.

Mikrosilica sind Produkte, die bei der Herstellung von Ferro-Silizium anfallen. Sie werden im allgemeinen in Form wäßriger Dispersionen als Zusatzstoff bei Hochleistungsbetonen eingesetzt. Diese Art der Mikrosilica ist bekannt unter dem Namen "Slurry". Im wesentlichen sind drei von einander unabhängige Wirkungen im Beton mit Silikatzusätzen zu unterscheiden:

Füllereffekt;

Puzzolanische Reaktionen;

Verbesserung der Kontaktzone zwischen Zuschlag und Zementstein;

Mikrosilica haben sehr kleine Korndurchmesser. Er liegt im Bereich von etwa $0,1 \mu\text{m}$. Aufgrund dieser Eigenschaft sind sie in der Lage die Zwischenräume zwischen den Zementkörnern auszufüllen. Dadurch wird die Packungsdichte in der Zementsteinmatrix wesentlich erhöht. Obwohl sich der Korndurchmesser des verwendeten Zements schon in Größenordnungen von $< 9,5 \mu\text{m}$ bewegt, wird er von den Mikrosilicapartikeln noch weit übertroffen, woraus der Füllereffekt resultiert.

Die puzzolanischen Eigenschaften der Mikrosilica werden in der Hauptsache von zwei Eigenschaften bestimmt. Zum einem besitzen sie einen gewissen Anteil an reaktiven amorphen silikatischen Bestandteilen, die mit dem entstehenden Calciumhydroxyd während der Zementhydratation reagieren. Zum anderen weisen sie eine große spezifische Oberfläche auf, an der diese Reaktionen stattfinden können.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kommt die Wirkung der Mikrosilica zur Verbesserung der Kontaktzone zwischen Zuschlag und Zementsteinmatrix nicht zum Tragen, weil die erfindungsgemäßen Suspensionen keinen silikatischen Zuschlag aufweisen.

Erfindungsgemäß wird Mikrosilica z.B. in Mengen von 10 bis 15 Gew.-% bezogen auf den Feststoffanteil der Suspension in Form einer Dispersion zugegeben, die im wesentlichen aus 50 Gew.-%

Mikrosilica und 50 Gew.% Wasser besteht (Slurry).

Besonders vorteilhaft sind Feinstzemente auf Hüttensandbasis für die erfindungsgemäß verwendeten Suspensionen, weil die Feinstzemente aufgrund ihrer geringeren Reaktivität gegenüber Feinstzementen auf Portlandzementbasis zur Erzielung niedrigviskoser Eigenschaften geringere Wassergehalte und geringere Gehalte an Verflüssigern und/oder Fließmitteln erfordern.

Besonders geeignete Verflüssiger bzw. Fließmittel sind z.B. die sogenannten Superverflüssiger wie Ligninsulfonat, Naphtalinsulfonat, Melaminsulfonat, Polycarboxylat, die als hochwirksame Dispergierhilfsmittel bekannt sind zur Herstellung von Feinstzementsuspensionen.

Für die Herstellung der erfindungsgemäß verwendeten Suspensionen werden insbesondere folgende Mischungen verwendet:

Feinstzement	:	30 bis 100, insbesondere 50 bis 80 Masse-%;
Verflüssiger bzw. Fließmittel (flüssig):		0,1 bis 5, insbesondere 0,5 bis 4,0 Masse-%;
Verflüssiger bzw. Fließmittel (pulverförmig)	:	0,1 bis 2,5, insbesondere 0,5 bis 1,5 Masse-%;
Mikrosilica (Slurry)	:	0 bis 30, insbesondere 5 bis 15 Masse-%;
Pigmente (pulverförmig)	:	0 bis 5, insbesondere 1 bis 3 Masse-%;
inerte Mineralstoffe	:	0 bis 70, insbesondere 10 bis 30 Masse-%;
Feinstflugasche	:	0 bis 50, insbesondere 10 bis 30 Masse-%;

jeweils bezogen auf den Feststoffanteil der Suspension.

Die niedrigviskosen Suspensionen weisen zweckmäßigerweise einen Wasser/Feststoffwert zwischen 0,4 und 0,6 auf. Ihre Konsistenz, gemessen als Auslaufzeit nach Marsh, beträgt von 35 bis 75 Sekunden.

Zur Herstellung einer Suspension wird z.B. die benötigte Wassermenge in einem Mischgefäß vorgelegt. Dann wird der Mischer in Gang gesetzt und Verflüssiger oder Fließmittel zugegeben. Anschließend erfolgt die Zugabe der zuvor abgewogenen Trockenstoffe. Danach wird die Mischung weitergemischt und dabei homogenisiert.

Die erfindungsgemäßen Bauteile werden nach einer besonderen Ausführungsform der Erfindung mittels Schalungen hergestellt. Dabei werden die Stahlwollmatten, die mehrere Millimeter dick sind, zweckmäßigerweise auf eine gewünschte Dicke z.B. mit den Schalungselementen zusammengepreßt zwischen den Schalungen angeordnet. Das Zusammenpressen ist aufgrund der watteartigen Struktur möglich und bewirkt, daß ein hoher Stahlwollefüllungsgrad erzielt werden kann. Durch mehrere, übereinander gelegte Matten kann eine beliebig dicke z.B. auch kreuzweise Bewehrung realisiert werden.

Da die Matten biegsam und schmiegsam sind, sind sie nahezu unbegrenzt an Oberflächentopographien anpaßbar und andrückbar. Bauteile oder Formen können damit auch umwickelt werden. Die Matten werden mit einer Faserorientierung entsprechend dem erwarteten Spannungsverlauf in eine Form eingelegt oder gegebenenfalls auf dem vorhandenen Bauteil punktuell fixiert und durch Anbringen einer Schalung bzw. der zweiten Schalungshälfte mit einem entsprechenden Anpreßdruck auf die gewünschte Dicke zusammengepreßt. Diese Verfahrensweise ergibt sich aus Fig. 1. Die Wolle 1 wird in ein erstes Schalungsformteil 2 eingebracht (Verfahrensablauf a) und mit einem zweiten Schalungsformteil 3 zusammengedrückt (Pfeil P, Verfahrensablauf b).

Durch den Grad des Zusammenpressens der Stahlwolle wird der Bewehrungsgrad (Volumenanteil der Stahlwollfasern) gesteuert. Da Stahlwollfasern auch an der Oberfläche des Bauteils vorhanden sind, wird insbesondere in den Fällen, in denen das Bauteil aggressiven Medien ausgesetzt ist, Edelstahlwolle verwendet. Es ist überraschend, daß sich sogar die auf 10 bis 20 % ihres Lieferzustandes zusammengedrückten Stahlwollmatten vollständig und sicher mit Feinstbindemittelsuspensionen verfüllen lassen. Dies ist besonders erstaunlich, weil bei Fasergehalten ab etwa 6 Vol.-% die Matten so stark zusammengepreßt werden müssen, daß sich ein scheinbar undurchdringlicher Filz ergibt.

Zur möglichst vollständigen und kontrollierten Ausfüllung der Hohlräume zwischen den Schalungsteilen werden die Schalungen randlich abgedichtet und die Suspension unter Druck in die die gepreßte Stahlwollmatte aufweisende Schalung eingebracht, wobei Luftaustrittslöcher vorgesehen sind, so daß die durch die Suspension in der Schalung verdrängte Luft entweichen kann.

Dieses Verfahren wird beispielsweise und prinzipiell in Fig. 2 dargestellt. In die randlich abgedichtete Schalung 2,3 wird über einen Einlaß 4 von unten entgegen der Schwerkraft Suspension 5 eingedrückt bzw. injiziert, bis die Schalung ausgefüllt ist. Die Luft kann nach oben durch den Auslaß 6 entweichen. Nach dem Erhärten der Suspension zu Zementstein wird entschalt. Das dünnwandige Bauteil besteht im wesentlichen aus Zementstein und mindestens einer zusammengepreßten Matte aus Stahlwolle. Es weist ungewöhnlich hohe Festigkeiten, plastisches Verformungsvermögen, Arbeitsvermögen, Energieaufnahme bis zum Erreichen des Bruchzustandes und Elastizität auf, woraus resultiert, daß derartige dünne Bauteile als selbsttragendes Baumaterial verwendbar ist. Beispielsweise lassen sich Bauteile unter 10 mm Dicke herstellen, die die folgenden Eigenschaften aufweisen:

Dicke	:	4 bis 8 mm
Biegezugfestigkeit	:	bis 80 N/mm ²
Druckfestigkeit	:	bis 70 N/mm ²

Arbeitsvermögen : sehr hoch
Dichtigkeit auch
gegen Wasser : sehr hoch

Es ist überraschend, daß nach dem erfindungsgemäßen Verfahren dünnwandige Bauteile herstellbar sind mit Suspensionen, die normalerweise keine hohen Biegezugfestigkeiten wegen des hohen Wasser/Zement-Verhältnisses erbringen. Es ist überraschend, daß nach dem erfindungsgemäßen Verfahren die vorgenannten Eigenschaften mit Suspensionen erzielt werden, die aufgrund ihres vergleichsweise hohen Wasser/Zement-Verhältnisses normalerweise keine derartig hohen Biegezugfestigkeiten erwarten lassen. Mit SIMCON wird bei einem Stahlfasergehalt von ca. 6 Vol.-% und einem sehr geringen Wasserzementwert von $< 0,4$ nur etwa die Hälfte der oben genannten Biegezugfestigkeit erreicht. Aufgrund dieser überraschend hohen Festigkeit ist es möglich, dünnwandige selbsttragende Bauteile herzustellen.

Zudem ist überraschend, daß aufgrund des Injektionsverfahrens die dünnwandigen Bauteile an ihrer Oberfläche im wesentlichen aus Zementstein bestehen, während die Stahlwollfasern trotz des Anpreßdrucks der Schalung am fertigen Bauteil nur zu einem Bruchteil die Oberfläche tangieren.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich verschiedenartige zementgebundene Formteile herstellen, die sehr dünnwandig sowie hochbewehrt sind und die darüberhinaus nahezu beliebig geformt und gegebenenfalls an der Oberfläche beliebig strukturiert werden können. Anwendungsbeispiele sind:

Platten;
Schalen;
Rohre und
Formteile mit nahezu beliebigen Querschnitten;

die als Dach- und Fassadenbekleidungen sowie zur Ummantelung oder Bekleidung zu schützender oder zu verdeckender Bauteile

eingesetzt werden können.

Derartige Ummantelungen können gegebenenfalls mit mineralischen Dämmmaterialien (z.B. Schaumbeton) gefüllt werden und als hochwirksame Brandschutzbekleidung dienen. Durch entsprechende Formgebung lassen sich solche Platten-, Schalen- und Formteile erforderlichenfalls aussteifen. Um ein hohes Maß an Vorfertigung und einen hohen Rationalisierungsgrad auf der Baustelle zu erreichen, können im Fertigteilwerk hergestellte Halbschalen in ähnlicher Weise wie Kabelkanäle aus Kunststoff über die zu ummantelnden Rohre oder Stahl-, Holz- und Kunststoffbauteile gestülpt und anschließend zusammengefügt werden. Die Stoßfugen lassen sich mit handelsüblichen Materialien abdichten und die Hohlräume über Einfüllstutzen mit Isoliermaterial füllen.

Wegen der nahezu beliebigen Farb- und Formgebung sowie Oberflächenstrukturierung, insbesondere wegen der hohen Wasserdichtigkeit und der hervorragenden mechanischen Eigenschaften bietet sich der Werkstoff gemäß der Erfindung auch als Deckschicht z.B. für Sandwich-Bauteile an. Ein Beispiel für solche neuartigen Sandwich-Bauteile sind Feuerschutztüren. Aus den gleichen Gründen kommt das neue Baumaterial auch als Außenhaut für Stahlbetonbauteile in Betracht, wobei diese Außenhaut als verlorene Schalung verwendet wird. Aufgrund der werksmäßigen Herstellung des dünnwandigen Faserwerkstoffs ist auch z.B. bei Stützen- und Balkenschalungen ein hoher Grad der Vorfertigung erreichbar, wobei bereits Abstandhalter für die normale Bewehrung integriert sein können. Ein besonderer Vorteil ist, daß eine solche verlorene Schalung die Nachbehandlung des eingefüllten Stahlbetons entbehrlich macht, die Dichtigkeit erhöht, dadurch die Carbonatisierungsgeschwindigkeit herabsetzt und somit den Korrosionsschutz für den Bewehrungsstahl verbessert. Bei werksmäßig hergestellten Schalelementen läßt sich die Qualität der Oberfläche weit gleichmäßiger und besser steuern als bei Ort betonbauteilen. Das Einfärben mit teuren und in der Anwendung komplizierten Pigmenten beschränkt sich allein auf die wenige millimeterdicke Außenhaut. Eine gute mechanische Verbindung zwischen Außenhaut

und eingefülltem Stahlbeton könnte durch Noppen oder geeignete Strukturierung auf der Innenseite erreicht werden.

Das erfindungsgemäße Baumaterial kommt auch als Instandsetzungsmaterial in Betracht. Es können an geschädigten Stahlbetonoberflächen komplette Deckbeschichtungen oder örtliche Ausbesserungen ausgeführt werden. Dazu werden die Fehlstellen und Hohlräume mit Stahlwollmatten ausgestopft, geschalt, abgedichtet und anschließend injiziert. Deckschichten können auch nach dem Prinzip verlorener Schalung aufgebracht und durch Injektion hinterfüllt werden. Aufgrund der niedrigen Viskosität der Suspension und der Feinheit des Bindemittels und aufgrund der Füllung der Schalung unter Druck lassen sich auch komplizierteste Oberflächenstrukturen abformen. Daher kann die Erfindung auch für die Herstellung von Reliefs und Skulpturen benutzt werden, was von besonderem Vorteil ist, wenn die herzustellenden Objekte besonderer mechanischer Beanspruchung ausgesetzt sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist unabhängig von der Orientierung des Bauteils anwendbar; daher sind im Gegensatz zum SIMCON-Verfahren z.B. auch Anwendungen über Kopf z.B. an Bauteilunterseiten möglich.

Durch das Zusammendrücken der Stahlwolle-matten wird offensichtlich ein neues Produkt geschaffen, das für die Zwecke der Erfindung erst dadurch verwendbar wird. In Kombination mit den Suspensionen auf Feinstzementbasis kann die zusammengepreßte Struktur der Stahlwolle derart in Wirkverbindung mit dem erhärteten Suspensionsmaterial treten, daß ein neues Bauteil mit unerwarteten Eigenschaften entsteht.

Ansprüche

1. Dünnwandiges Bauteil mit einer Feinstzementsteinmatrix und mindestens einer in der Feinstzementsteinmatrix eingebetteten zusammengepreßten Stahlwollmatte.
2. Bauteil nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Hauptflächen des Bauteils nahezu stahlwollfaserfrei sind.
3. Bauteil nach Anspruch 1 und/oder 2, d a d u r c h g e - k e n n z e i c h n e t , daß die Hauptflächen des Bauteils glatt sind und an den Oberflächen im wesentlichen Feinstzementsteinmaterial vorhanden ist.
4. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß es mehrere zusammengepreßte Stahlwollmatten übereinander angeordnet aufweist.
5. Bauteil nach Anspruch 4, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Stahlwollmatten derart angeordnet sind, daß die Hauptrichtungen der Stahlwollfasern der Stahlwollmatten sich kreuzen.
6. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, g e k e n n z e i c h n e t durch einen Stahlwollmattenanteil von 2 bis 10 Volumen-%, insbesondere von 4 bis 8 Volumen-%.
7. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, g e k e n n z e i c h n e t durch eine Dicke von 3 bis 10 mm, insbesondere von 4 bis 8 mm.

8. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch eine Biegezugfestigkeit von 25 bis 80, insbesondere von 50 bis 75 N/mm².

9. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch eine Druckfestigkeit von 30 bis 75, insbesondere von 45 bis 60 N/mm².

10. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauteil mit Pigmenten gefärbt ist.

11. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauteil gekrümmt ausgeformt ist.

12. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauteil an seinen Hauptoberflächen eine Schalungsstruktur aufweist.

13. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Stahlwollfasern der Stahlwollmatten einen mittleren Faserdurchmesser von 0,05 bis 0,20, insbesondere von 0,08 bis 0,12 mm aufweisen.

14. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Stahlwollmatten ein Flächengewicht von 600 bis 2000, insbesondere von 700 bis 1100 g/m² aufweisen.

15. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Stahlwollfasern ein Längen/Durchmesser-Verhältnis von über 1000 aufweisen.

16. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Feinstze-

mentsteinmatrix Microsilica in Mengen von 0 bis 30, insbesondere von 5 bis 15 Masse-% aufweist.

17. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 16, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Feinstzementsteinmatrix Pigmente in Mengen von 0 bis 5, insbesondere von 1 bis 3 Masse-% aufweist.

18. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 17, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Feinstzementsteinmatrix inerte Mineralstoffe in Mengen von 0 bis 70, insbesondere von 10 bis 30 Masse-% aufweist.

19. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 18, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Feinstzementsteinmatrix Quarzmehl in Mengen von 0 bis 70, insbesondere von 10 bis 30 Masse-% aufweist.

20. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 19, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Feinstzementsteinmatrix Feinstflugasche in Mengen von 0 bis 50, insbesondere von 0 bis 30 aufweist.

21. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 20, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Feinstzementsteinmatrix eine Portlandzementsteinmatrix ist.

22. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 21, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Feinstzementsteinmatrix eine Hüttensandzementsteinmatrix ist.

23. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 22, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die zusammengepreßten Stahlwollmatten von 3 bis 10, insbesondere von 4 bis 8 mm dick sind.

24. Verfahren zur Herstellung eines dünnwandigen Bauteils, ins-

besondere eines Bauteils nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 23, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß mindestens eine Stahlwollmatte senkrecht zu ihrer Haupterstreckung zusammengepreßt und mit einer Suspension auf Feinstzementbasis injiziert und umgeben wird und daß die Suspension zum Aushärten gebracht wird.

25. Verfahren nach Anspruch 24, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß eine Edelstahlwollmatte verwendet wird.

26. Verfahren nach Anspruch 24 und/oder 25, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß eine Stahlwollmatte verwendet wird, die Stahlwollfasern mit mittleren Faserdurchmessern von 0,05 bis 0,20, insbesondere von 0,08 bis 0,12 mm aufweist.

27. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 26, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß eine Stahlwollmatte verwendet wird, die Faserlängen zwischen 20 mm und mehreren Metern im Durchschnitt von mehreren Dezimetern aufweist.

28. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 27, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß eine Stahlwollmatte verwendet wird, deren Fasern ein Längen/Durchmesser-Verhältnis von über 1000 aufweisen.

29. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 28, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß Stahlwollmatten verwendet werden, die ein Flächengewicht von 600 bis 2000, insbesondere von 700 bis 1100 g/m² aufweisen.

30. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 29, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Stahlwollmatte bzw. die Stahlwollmatten um 10 bis 20 % ihrer Dicke zusammengepreßt werden.

31. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 30,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß mindestens zwei Stahlwollmatten verwendet werden, wobei die Hauptrichtung der Fasern der einen Stahlwollmatte gewinkelt zur Hauptrichtung der Fasern der anderen Stahlwollmatte angeordnet wird.

32. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 31, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß eine Feinstzementsuspension auf Basis von Hüttensand + Anreger verwendet wird.

33. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 32, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß eine Suspension auf Feinstzementbasis auf Basis von Portlandzement verwendet wird.

34. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 33, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zur Herstellung der Feinstzementsuspension ein Feinstzement mit einer abgestuften Kornverteilung und einem Größtkorn von $d_{95} \leq 24 \mu\text{m}$, vorzugsweise von $d_{95} \leq 16 \mu\text{m}$ verwendet wird.

35. Verfahren nach Anspruch 34, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß ein Feinstzement mit einer mittleren Korngröße von $d_{50} \leq 7 \mu\text{m}$, insbesondere von $\leq 5 \mu\text{m}$ verwendet wird.

36. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 35, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß Feinstzement mit Wasser und einem hochwirksamen Verflüssiger oder Fließmittel gemischt wird.

37. Verfahren nach Anspruch 36, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß Microsilica, insbesondere in Form einer Dispersion zugemischt wird.

38. Verfahren nach Anspruch 36 und/oder 37, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß ein Pigment zugemischt wird.

39. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 36 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß ein Mineralstoff mit gleicher oder größerer Feinheit der Feinstzemente zugemischt wird.

40. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 36 bis 39, dadurch gekennzeichnet, daß als hochwirksamer Verflüssiger Naphtalinsulfonat verwendet wird.

41. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 36 bis 40, dadurch gekennzeichnet, daß als Superverlüssiger ein Polycarboxylat verwendet wird.

42. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 41, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung der Suspension auf Feinstzementbasis die folgenden Zusammensetzungen verwendet werden:

Feinstzement	:	30 bis 100, insbesondere 50 bis 80 Masse-%;
Verflüssiger bzw. Fließmittel (flüssig):		0,1 bis 5, insbesondere 0,5 bis 4,0 Masse-%;
Verflüssiger bzw. Fließmittel (pulverförmig)	:	0,1 bis 2,5, insbesondere 0,5 bis 1,5 Masse-%;
Mikrosilica (Slurry)	:	0 bis 30, insbesondere 5 bis 15 Masse-%;
Pigmente (pulverförmig)	:	0 bis 5, insbesondere 1 bis 3 Masse-%;
inerte Mineralstoffe	:	0 bis 70, insbesondere 10 bis 30 Masse-%;
Feinstflugasche	:	0 bis 50, insbesondere 10 bis 30 Masse-%;

bezogen auf den Feststoffgehalt der Suspension.

43. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 42, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß Suspensionen verwendet werden, die einen Wasser/Feststoff-Wert von 0,4 bis 0,6 aufweisen.

44. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 43, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß Suspensionen verwendet werden, die eine Konsistenz, gemessen als Auslaufzeit nach Marsh von 35 bis 75 Sekunden aufweisen.

45. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 44, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zur Herstellung der Suspensionen die benötigte Wassermenge in einem Mischgefäß vorgelegt und unter Mischen der Verflüssiger oder Fließmittel zugegeben wird, wonach anschließend die Zugabe der zuvor abgewogenen Trockenstoffe erfolgt und die Mischung weitergemischt und dabei homogenisiert wird.

46. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 45, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Stahlwollmatten zwischen einer abgedichteten Schalung zusammengepreßt werden und die Feinstzementsuspension unter Druck in die Schalung injiziert wird, wobei ein Luftauslaß vorgesehen ist, so daß die Luft aus dem Schalungsraum während der Injektion entweichen kann.

47. Verfahren nach Anspruch 46, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß entgegen der Schwerkraft injiziert wird.

48. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 47, insbesondere nach Anspruch 44 und/oder 45, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß Bauteile einer Dicke ≤ 10 mm hergestellt werden.

49. Verwendung eines Bauteils nach einem oder mehreren der An-

sprüche 1 bis 23, hergestellt nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 46 als Dach- und/oder Fassaden- und/oder Wandbekleidung.

50. Verwendung eines Bauteils nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 23, hergestellt nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 46 als Ummantelung oder Bekleidung zu schützender oder zu verdeckender Bauteile.

51. Verwendung eines Bauteils nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 23, hergestellt nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 46 in Form von Halbschalen zur Herstellung und Ummantelung von Kanälen, Rohren oder dergleichen.

52. Verwendung eines Bauteils nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 23, hergestellt nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 46 als Sandwich-Elemente zur Herstellung von Feuerschutztüren.

53. Verwendung eines Bauteils nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 23, hergestellt nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 46 als Außenhaut für Stahlbetonbauteile.

54. Verwendung nach Anspruch 53, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Außenhaut eine verlorene Schalung ist.

55. Verwendung eines Bauteils nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 23, hergestellt nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 46 als verlorene Schalung.

56. Verwendung eines Bauteils nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 23, hergestellt nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 46 als Instandsetzungsmaterial, wobei Fehlstellen und/oder Hohlräume in geschädigten Betonoberflächenbereichen mit mindestens einer Stahlwollmatte ausgestopft wird, wobei die Matte gepreßt wird und anschließend geschalt, abgedichtet und die Suspension injiziert wird.

57. Verwendung eines Bauteils nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 23, hergestellt nach einem oder mehreren der Ansprüche 24 bis 46 zum Abformen komplizierter Oberflächenstrukturen.